

A szikes talajok N-gazdálkodása

A jellemző talajtulajdonságok – termőréteg vastagsága, a szerves anyag és agyag mennyisége és minősége, a mésztartalom, kémhatás stb. – nagymértékben befolyásolják a talajok víz- és tápanyag-gazdálkodását, tápanyagszolgáltató képességét, végső soron a talajok termékenységét és a műtrágyázás hatékonyságát is behatárolják.

A talaj tápanyagtároló, -szállító és egyben a különböző (fizikai, kémiai, fiziko-kémiai és biológiai) folyamatok hatására kialakult természetes miliő, amely végső soron a növény víz- és tápanyagellátásának is alapvető forrása.

A különböző talajtípusok képződési folyamataikban és jellemző tulajdonságaiban térnek el egymástól. A különböző típusú, különböző tulajdonságokkal rendelkező szikes talajok kialakulásában a vízben oldható sók döntő szerepet játszanak. Elsősorban a Na-sók, amelyek oldott állapotban, részben szilárd fázisban sók formájában, vagy ionos formában kolloidok felületén adszorbeálva találhatók. A nátrium e három formájának mennyisége, minősége és aránya szabja meg a szikes talajok alapvető tulajdonságait, a szikesedés jellegét és mértékét, végső soron termékenységét (STEFANOVITS, 1982; VÁRALLYAY, 1999; SZABOLCS, 1954, 1975).

A nátrium a növény táplálkozása szempontjából szükséges elem, nagy koncentrációban azonban káros. Az oldható Na-só-készlet – a sótartalmú talajvíz, a sós felszíni vizek – a szikesedés potenciális forrása. A nagy sótartalom késlelteti, ill. gátolhatja a magcsírázást, a növény növekedést és -fejlődést, ami a talajoldat nagy ozmotikus nyomásával függ össze. A növény vízfelvétel csökken, sőt a Na-koncentráció növekedésével le is állhat. A vízfelvétel csökkenése kiegyensúlyozatlan táplálkozást, esetenként egyes ionok esetében toxikus hatás kialakulását eredményezheti. A szikes talajokban kedvezőtlen a Ca:K, a Na ill. Ca és a Na:K arány. Csökken a kétértékű kationok mennyisége és nő az egyértékű kationok mennyisége a növényben. A kiegyensúlyozatlan tápanyagarány, a Na-akkumuláció hatására a sejtekben kialakult specifikus ioneffektus többek között az enzimek inaktiválásához, a fehérjeszintézis visszaszorításához vezethet (MENGEL, 1976).

A szikes talajok folyadékfázisában, oldatában lévő Na-sók koncentrációja a végbe-menő ionkicserélődési folyamatokon keresztül hat a növények tápelem-ellátottságára, ásványi táplálkozására.

A talaj szerves-ásványi komplexumához kötött kicserélhető Na-ionok abszolút és relatív mennyisége döntően befolyásolja a szikesedés mértékét. A kolloidrészecske nátriumban való feldúsulása a talaj fizikai tulajdonságának, a vízgazdálkodási rendszer le-romlásához vezet.

A talaj a nedvesség hatására megduzzad, elfolyósodik, vízáteresztő képessége jelentősen lecsökken. Megnehezíti a víz gyökerek számára való átadását, növeli a holtvíz-tartalmat. Száraz állapotban a talaj erősen megkeményedik és ez nagymértékben csökkenti a gyökerek behatolásának és a tápelemek felvételének lehetőségét.

A szikes talajok szervesanyag-tartalma a Na-sók hatására mozgékonyvá válhat. A humuszos szint elfolyósodó anyaga (a Na-humát) a mélyebb talajrétegekbe hatol. A szikes talajok tápanyag-ellátottsága, tápanyagszolgáltató képessége a talajok típusától függően eltérő és a meglévő humusz- és tápanyagtökéjük a rossz vízgazdálkodás következtében nem hasznosul kellően.

Szikes talajokban változás mutatkozik a növények N-metabolizmusában, ammónia halmozódik fel és nő a szabad aminosavak mennyisége. A nagy szódatartalom klorózist okozhat. A növények sóérzékenysége/sótoleranciája változó, többek között függ a szikes talajok típusától, az időjárási viszonyoktól, a termeléstehnológiától és nem utolsósorban a növény fejlődési szakaszától. A kérdéssel összefüggően különösen fontos a só-tűrő növények szelektálása, a növények sós viszonyok között történő adaptálása.

Közismert, hogy a szikesedés időszakos vízborítottsággal jár együtt, amely oxigénhiányt okoz. Növekszik a CO_2 mennyisége, amely elsősorban a növény gyökerének a morfológiájára hat, ezáltal befolyásolja a növény élettani folyamatait.

A szikes talajok javításának alapvető célja a kicserélhető Na-ion mennyiségének csökkentése kémiai javítóanyagok felhasználásával. A javító anyagok milyenségét és mennyiségét a szikes talajok típusától függően kell megválasztani. Kémiai szempontból annál eredményesebb, minél jobban oldódik a felhasznált Ca-tartalmú javítóanyag.

Az öntözés hatására a sóforgalom megváltozásával és a növény jobb vízellátásával pozitív hatás mutatható ki. A szikesekhez alkalmazkodó agrotechnika egyik fontos láncszeme a talajművelés, amelynek kiválasztása a szikesek adottságaihoz – B-szint altalaj-lazítás stb. – nagyban elősegítheti a termelés eredményességét, a szikesek javításának lehetőségét. A só-tűrő növények a megfelelő hozam elérése mellett kedvezően hatnak a talajra, a talajban lejátszódó folyamatokra.

Szikes talajokon a vízellátással egy időben fontos a növények tápelemellátása is. Az istállótrágya és egyéb szerves trágyák a tápelem-hatásokon túlmenően a talajlazítás és a különböző talajtulajdonságokra kifejtett hatások kedvezően befolyásolják a szikesek hasznosítását (ÁBRAHÁM & BOCSKAI, 1971; Herke, Prettenhoffer, Harmati, Gratzl, Darab In: A szikes talajok ..., 1966; BLASKÓ, 1999).

A szikesek tápanyagtökéje eltérő, estenként csekély. Jellemző viszont, hogy a meglévő tápanyagforrás hasznosítását a szikesek termékenységét gátló tényezők (nagy só-tartalom, rossz fizikai, kémiai tulajdonság stb.) nagymértékben befolyásolják. Különösen vonatkozik ez a növények egyik legfontosabb tápelemére, a nitrogénre. Köztudott, hogy talajainkban – beleértve a szikeseket is – a növények számára felvehető formában lévő N-mennyiség csekély és szezonális változása eltérő. A talajok természetes N-ellátottságának pótlása a talajok szerves anyagának ásványosodása során történik, amelyet a szikesek kedvezőtlen tulajdonságai kedvezőtlen irányban befolyásolják. Ezzel összefüggően tehát érthető a szikes talajokon termesztett növények N-ellátásának fontos szerepe. Erről adnak számot az irodalomban megtalálható több évtized óta végzett kutatási eredmények.

A talajban lévő és a bejuttatott N-tápelemek a talajban lejátszódó folyamatok aktív részesei. A jellegzetes talajtulajdonságok hatásai és kölcsönhatásai végső soron a N-tápelem átalakulási folyamataiban visszatükröződnek és lehetőséget adnak esetenként összefüggések megállapítására, törvényszerűségek feltárására is.

A fentiekből kitűnik, hogy a N-trágyázás hatékonyságát a talajba adott N-tápelem átalakulási folyamatainak, a N transzformációjának mértéke és iránya szabja meg, azaz a talajba adott N-tápelem milyen mértékben marad a növény számára felvehető formá-

ban, mennyire képes a növényt N-nel ellátni a tenyészidő alatt. Csak a fentiek ismeretében van lehetőségünk a N-műtrágyák hatékonyságának előrejelzésére, olyan trágyázási–növénytáplálási módszerek kidolgozására, amelyek alkalmazása során a talaj termékenységének fenntartásával – a környezet N-terhelése nélkül – megfelelő hatékonyságot érhetünk el (LATKOVICS, 1988; NÉMETH, 1996).

E bevezető gondolatokhoz kapcsolódva próbálom meg kiemelni, rendszerezni és értékelni a több évtizedes kutatómunkánk során kapott eredményekből azokat, amelyeket jellegzetes hazai szikes talajokon értünk el. A kísérleteket nem ismertetem, mivel részletes leírásuk az esetek többségében az irodalomjegyzékben megadott közleményekben megtalálhatók (MÁTÉ & LATKOVICS, 1968; LATKOVICSNÉ (1965a,b, 1966, 1974a,b, 1977, 1981, 1982, 1991), LATKOVICS & MÁTÉ, 1968; LATKOVICS et al., 1972; LATKOVICS & SZABOLCS, 1980; SARKADI et al., 1969; SZABOLCS & LATKOVICSNÉ, 1967).

A szikes talajok N-ellátottsága

Mivel kevés adat állt rendelkezésünkre szikes talajaink N-készlete, ill. a növénytáplálkozás szempontjából fontos N-formák mennyiségének becslésére, fontosnak tartottuk néhány vizsgálat elvégzését.

Mélyben karbonátos kérges réti szolonyec (Cegléd 7. szelvény) és mélyben humuszos rétegű szolonyeces réti talaj (Cegléd 5. szelvény) légszáraz talajmintáiban vizsgáltuk az összes-N és ásványi-N mennyiségének megoszlását és változását a mintavételi idő függvényében (1. táblázat) A mintákat az MTA TAKI Szikkutatási Osztálya biztosította.

A mélyben karbonátos kérges réti szolonyec talaj összes-N-tartalma 30 cm-ig 1155–1717 mg N/kg talaj. Ez az érték a talajszelvény mélységével csökken és 140 cm-nél mindössze 119 mg N. Az $\text{NH}_4\text{-N}$ ill. $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyiségei közel azonosak. Összegük a felső humuszos rétegben ~ 10 mg N/kg talaj, amely az összes-N-nek 0,65 %-a. A szelvény mélységével az ásványi-N mennyisége egy kevéssel csökken, viszont az alsó talajréteg összes-N-tartalmához viszonyított értéke növekszik.

Ha összevetjük ugyanezen talajszelvény tavaszi és őszi mintavétel vizsgálatainak eredményeit, kimutatható, hogy az októberi minták ásványi-N-tartalma – a felső humuszos talajréteget kivéve – az áprilisban mért értékekhez viszonyítva mintegy felére csökkent. Feltehetően a növényzet ill. a talajban élő mikroszervezetek hasznosították a talaj ásványi-N mennyiségét. A $\text{NO}_3\text{-N}$ lefelé történő mozgására adataink nem utalnak.

A mélyen humuszos rétegű szolonyeces réti talaj (Cegléd 5. szelvény) összes-N-tartalma a humuszos réteg mélységével összefüggően változott. 70 cm-ig az összes-N-mennyiség 1000 mg N/kg talaj feletti értéket mutat. Természetesen a felső (30 cm-es) talajréteg N-mennyisége a szerves anyag mennyiségével összefüggően elérte a 1826–1917 mg értéket. 70 cm-től a talajszelvény mélységével az összes-N-mennyiség folyamatosan csökkent, bár még a 140 cm-es rétegben is a mért érték kétszerese a mélyben karbonátos kérges réti szolonyec talaj N-tartalmának. Az $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége a 30 cm-es talajrétegben 8,3–9,5 mg N/kg talaj, a következő talajszintekben kisebb mennyiségben található (5,0–6,0 mg N) és lényegében nem változik. A $\text{NO}_3\text{-N}$ mozgékonyására utal, hogy a talajszelvényben az anyagmozgással összefüggően különböző szintekben eltérő mennyiségben jelenik meg. A felső 30 cm-es talajrétegben közel 10 mg/kg talaj $\text{NO}_3\text{-N}$ -értéket mértünk, azt követően egy kevéssel csökken, majd 80 cm után egy folyamatosan

1. táblázat

Az összes-N- és ásványi-N-mennyiség megoszlása a mélyben karbonátos kérges réti szolonyec (Cegléd 7.) és a mélyben humuszos rétegű szolonyeces réti talaj (Cegléd 5.) szelvényében (LATKOVICSNÉ, 1982)

Talaj- mintavétel mélysége, cm	1977. április 15.					1977. október 6.		
	Összes- N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N + NO ₃ -N	Ásványi-N az összes-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N + NO ₃ -N
Cegléd, 7. szelvény								
0–10	1717	6,2	5,0	11,2	0,65	5,5	6,5	12,1
10–20	1534	4,5	5,4	9,9	0,65	3,3	4,9	8,1
20–30	1155	5,0	5,0	10,0	0,87	2,2	4,2	6,4
30–40	793	4,5	4,1	8,6	1,03	2,4	5,8	8,2
40–50	441	4,1	4,1	8,2	1,86	2,4	3,7	6,1
50–60	299	3,7	4,1	7,8	2,61	2,6	4,1	6,7
60–70	329	4,5	4,5	9,0	2,74	2,2	3,0	5,2
70–80	224	5,0	4,1	9,1	4,06	3,0	2,6	5,6
80–90	165	4,5	4,1	8,6	5,21	1,8	1,8	3,6
90–100	119	4,1	4,8	8,9	7,48	2,2	2,6	4,8
100–110	127	4,5	4,1	8,6	6,77	-	-	-
110–120	127	3,7	4,1	7,8	6,14	2,2	2,2	4,4
120–130	134	4,1	4,1	8,2	6,12	-	-	-
130–140	119	4,5	3,7	8,2	6,89	2,2	2,2	4,4
Cegléd, 5. szelvény								
0–10	1917	9,5	9,3	18,8	0,98	4,1	19,4	23,5
10–20	1841	8,3	8,1	16,4	0,89	-	-	-
20–30	1826	9,5	10,3	19,8	1,08	4,5	23,9	28,4
30–40	1223	6,6	6,6	13,2	1,08	3,3	13,8	17,1
40–50	1261	5,4	7,0	12,4	0,98	3,3	14,9	18,2
50–60	1212	5,8	7,6	13,4	1,11	2,6	18,6	21,2
60–70	1040	5,2	7,6	12,8	1,23	3,0	34,7	37,7
70–80	883	5,0	12,0	17,0	1,93	3,7	43,2	46,9
80–90	715	5,8	25,6	31,4	4,39	2,2	34,3	36,5
90–100	528	6,2	34,3	40,5	7,67	1,5	21,2	22,7
100–110	314	5,8	30,2	36,0	11,47	3,3	22,3	25,6
110–120	239	5,8	22,3	27,3	11,42	3,3	14,9	18,2
120–130	274	5,0	15,7	20,7	7,55	2,2	13,8	16,0
130–140	209	4,8	11,6	16,4	7,85	1,8	9,3	11,1

növekvő felhalmozódási szint mutatkozik, amelyek legnagyobb értékeit (30,2–34,3 NO₃-N) a 100–110 cm-es talajrétegben mérhető.

A termékenyebb, mélyen humuszos rétegű szolonyeces réti talaj ásványi-N-tartalma valamennyi esetben felülmúlta a 10 mg-ot, sőt a felhalmozódási szintben elérte a 36–40,5 mg értéket, s természetesen az összes-N %-ában kifejezett értékek is magasabbak.

Az októberi talajmintákban a NH₄-N-tartalom kevesebb volt mint áprilisban. A NO₃-N-mennyiség viszont elsősorban a felsőbb talajrétegekben több volt, amely a szerves anyag ásványosodására és a nitrifikációs folyamatokra kedvezően ható tényezők hatásával magyarázható. Az adatok azt is igazolják, hogy a NO₃-felhalmozódási szint feltehetően a felfelé irányuló vízmozgás hatására mintegy 20 cm-rel feljebb került.

Érleléses modellkísérletek

Gázalakú NH₃-veszteség és a talaj ásványi-N-tartalmának változása a kezelések hatására

A ¹⁵N-jelzett vegyületek transzformációjának tanulmányozása során vizsgáltuk a talajba adott N-vegyületekből származó gázalakú NH₃-veszteséget és a talaj ásványi-N mennyiségének változását. Az NH₃ elillanása szoros összefüggést mutat a talaj jellemző tulajdonságaival, a környezeti tényezőkkel stb. Az NH₃ párolgását befolyásoló tényezők hatásának, a folyamat mechanizmusának megismerése lehetőséget biztosít az adott viszonyok között legjobban érvényesülő N-vegyületek alkalmazására a párolgási NH₃-veszteség csökkentése érdekében.

Bizonyított, hogy a talaj pH-értékének növekedésével nő az NH₃-veszteség. A hőmérséklet növelése szintén az NH₃ párolgását segíti elő. A gázalakú NH₃-veszteség mértékét jelentősen befolyásolja továbbá a talaj kationcserélő képessége, szervesanyag-tartalma stb. Általában semleges, vagy alkalikus talajokon NH₄-N-t tartalmazó trágya adagolása esetén számíthatunk NH₃-veszteségre.

A karbonátos talajok felszínére adott ammóniumsók a mésszel reakcióba lépnek és ammónium-karbonát képződik. Ez a vegyület labilis, és további bomlása a reakció során

2. táblázat

A N-műtrágyák átalakulása és a különböző N-formák változása az idő függvényében (érleléses modellkísérlet, szoloncsákos szolonyec talaj) (LATKOVICSNÉ, 1982)

Mintavétel, nap	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N NO ₃ -N	+	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N NO ₃ -N	+
	mg N/kg talaj				az adott N százalékában			
Ca(¹⁵ NO ₃) ₂								
2	-	582	582,0		-	96,6	96,6	
6	6,4	584	590,4		1,0	96,3	97,8	
11	5,7	592	597,7		0,9	98,2	99,1	
20	-	588	588,0		-	97,6	97,6	
26	17,5	573	590,5		2,9	95,0	97,9	
33	17,5	564	581,5		2,9	93,5	96,4	
40	11,1	565	576,1		1,8	93,7	95,5	
47	31,7	552	583,7		5,2	91,6	96,8	

Minta- vétel, nap	NH ₄ -N	NO ₃ -N	CO(NH ₂) ₂	Σ N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	CO(NH ₂) ₂	Σ N
	mg N/kg talaj				az adott N százalékában			
CO(¹⁵ NH ₂) ₂								
1	260	5,2	184,9	450,1	52,1	1,0	37,0	90,1
2	329	1,8	11,9	342,7	65,9	0,4	3,4	69,7
3	285	6,1	-	291,1	57,2	1,2	-	58,4
4	234	0,5	-	234,5	47,0	0,1	-	47,1
7	165	-	-	165,0	33,2	-	-	33,2
11	128	-	-	128,0	25,8	-	-	25,8
18	83	-	-	83,0	16,7	-	-	16,7
SzD _{5%}	5		11,9		1,1		2,3	

az ammónium-karbonáttal egy időben keletkezett vegyület mennyiségétől és annak oldékonyságától függ.

Érleléses modellkísérlet-sorozatban szoloncsákos szolonyec talajon (Kunszentmiklós) – pH 9,3, humusz 1,3 % – a gázalakú NH_3 -veszteség szoros összefüggést mutatott a talajba adott N-formákkal, a talajban történő átalakulási folyamataikkal (2. táblázat).

A $\text{Ca}(^{15}\text{NO}_3)_2$ -kezelésben gázalakú NH_3 -veszteség – mint várható – nem volt kimutatható, a talaj NO_3 -tartalma az adott N mennyiségével arányosan növekedett és az érlelés alatt lényegében nem változott. A 47. napon a $\text{Ca}(^{15}\text{NO}_3)_2$ nitrogénjének 91,6 %-a maradt NO_3 -formában.

Optimális hő- és nedvességsz viszonyok között a karbamid gyors hidrolízisére mutat, hogy már az első mintavételnél a talajba kevert karbamidnak mindössze 37 %-a maradt $\text{CO}(^{15}\text{NH}_2)_2$ formában. Elenyésző volt a gázalakú NH_3 -veszteség és a NO_3 -N mennyisége. A második mintavételi napon mindössze 3,4 % karbamid-N-t határoztunk meg. Nagymértékben nőtt viszont a talaj kicserélhető NH_4 -N mennyisége, elérte a talajhoz adott N-mennyiség maximumát (65,9 %). Továbbra is csekély maradt a talaj NO_3 -N-tartalma, viszont jelentősen megnőtt a gázalakú NH_3 -veszteség. Az érlelés további szakaszában a karbamid transzformációjának menetét a talajban lévő kicserélhető NH_4 -N és a gázalakú NH_3 -veszteség mennyisége, és ezek ellentétes irányba történő változása jellemezte. A karbamidhoz hasonló tendencia volt megfigyelhető a talajhoz adott ammónium-szulfát transzformációja folyamán is.

A kísérlet befejezésekor – a 18. napon – a karbamid-N 16,7 %-a maradt kicserélhető NH_4 -N-formában. A gázalakú NH_3 -veszteség elérte a 41,8 mg N-t (az adott összes-N 74,7 %-át). Az izotóparány-mérések eredményei igazolták, hogy a NH_3 -veszteség 80,4–91,6 %-a az adott jelzett N-vegyületből származott.

Az adatok meggyőzően igazolták, hogy optimális nedvesség- és hőmérsékleti viszonyok között a karbamid hidrolízise gyorsan végbement. Ez bizonyos mértékig szemben áll azzal az elfogadott véleménnyel, miszerint a karbamid lebomlását, az ureáz-enzim aktivitását a magas pH és a szikes talajokban lévő szulfát- és kloridionok gátolják (LATKOVICSNÉ, 1982). Ugyanakkor igazolt, hogy a szoloncsák szolonyec talaj kedvezőtlen tulajdonságai a nitrifikációs folyamatra kifejtett negatív hatással gátolják a NO_3 -N képződését.

Az érlelés befejezése után vetett rozs elemzési adatai szerint a kéthetes növények N-tartalmának 24–27 %-a kalcium-nitrátból, ill. karbamid esetében 7,3 %-a származott a hozzáadott N-vegyületekből.

A $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ átalakulása és a szerves anyag ásványosodása két szikes talajon

A növénytermesztés során talajba kerülő szervesanyag-maradvány hatással van a talajban lejátszódó folyamatokra, a talajtulajdonságokra, többek között a talaj N-szolgáltató képességére. A talajban lévő szervesanyag-maradvány mineralizációja során felszabaduló ásványi-N növeli a talaj „felvehető” N mennyiségét, ezáltal részt vesz a növények és a talajban élő mikro- és makroszervezetek N-ellátásában.

A szerves anyag ásványosodásának tanulmányozására beállított érleléses modellkísérlethez 9,48 pH-jú, 1 % humuszt tartalmazó meszes dunai öntéstalajon képződött szoloncsák talajt (Apaj), valamint 5,8 pH-jú, 4,8 % humusztartalmú, gyengén szolgyosodott sztyeppesedő réti szolonyec talajt (Szentistván) használtunk. A kezeléseknak megfelelően a kísérletben ~ 300 mg N/kg talaj adagnak megfelelő $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ vegyü-

letet adtunk, szerves anyagnak 3 %-os ^{15}N -tartalmú ledarált babszárát alkalmaztunk a bemért talajmennyiség 0,4 %-ának megfelelő mennyiségben. Az érlelés során vizsgáltuk az $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ transzformációját a talajban, a ^{15}N -jelzett szerves anyag ásványosodásának a mértékét, valamint az ammónium-nitrátnak a szerves anyag mineralizációjára kifejtett hatását.

Az érlelés alatt vett talajminták $\text{NO}_3\text{-N}$ és kicserélhető $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalmának változása jól nyomon követhető volt. Az érlelés folyamán a kezelésben nem részesült talajok ásványi-N-tartalma nőtt. A legnagyobb értéket a 63. napon mértük, ezt követően egy kevéssel csökkent, és az utolsó (88.) napon a két talajon közel azonos értéket (58–59 mg N) kaptunk.

Az eltérő nitrifikációs folyamatokra utal, hogy a gyengén szologyosodott sztyeppesedő réti szolonyec talajon az ásványi-N-mennyiség nagyobb részét már az érlelés kezdetén is a nitrát képezte, míg a szoloncsák talajon a nitrát csak az inkubáció későbbi szakaszában jelent meg.

Az ammónium-nitrát hatására mindkét talaj ásványi-N-tartalma a N-adaggal arányos volt. Szoloncsák talajon a $\text{NO}_3\text{-N}$ és $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége az érlelés során 63 napig lényegesen nem változott, a talaj magas pH-értéke és sókoncentrációja gátolta a nitrifikáló baktériumok tevékenységét. A 88. napon mért értékek viszont kismértékben nitrifikációra utalnak, ugyanakkor az ásványi-N-mennyiségben csökkenés figyelhető meg.

A gyengén szologyosodott sztyeppesedő réti szolonyec talajon optimális viszonyok között igen szembetűnő a nitrifikációs folyamat. Az érlelés során a NO_3 -tartalom növekedésével összefüggően jelentősen csökkent az $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége és az előző talajon kapott eredményekhez hasonlóan csökkent a kimutatható ásványi-N mennyisége. A talajhoz adott ^{15}N szerves anyag ásványosodásának üteme és mértéke, a mineralizáció során képződött $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége a két vizsgált talajon szintén eltérő volt. Szoloncsák talajon a szerves anyag ásványosodása során képződött $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége a 35. napig fokozatosan növekedett, majd ezt követően a nitrifikáció hatására csökkent. A gyengén szologyosodott sztyeppesedő réti szolonyec talaj kedvezőbb feltételeket biztosított a szerves anyag mineralizációjához és az ásványosodás során képződött NH_4 nitrifikációjához.

A ^{15}N szerves anyag + NH_4NO_3 -kezelésben a két talajon eltérő mennyiségű ásványi-N-t határoztunk meg. A szoloncsák talajhoz adott N-mennyiségnek csak egy része volt kimutatható ásványi-N formában. Az adott körülmények elősegíthették a gázalakú NH_3 -vesztést. Az érlelés kezdetén mindkét talajon a szerves anyag mineralizációja során a mikroorganizmusok a testük felépítéséhez a talajba adott $\text{NO}_3\text{-N}$ -t használták fel. 35 napig az ásványosodás során nőtt az $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége, a $\text{NO}_3\text{-N}$ csökkent, majd azt követően a nitrifikációs folyamatok felerősödésével az $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalom csökkenésével arányosan, talajtól függően eltérő mértékben növekedett a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége.

A ^{15}N szerves anyag + NH_4NO_3 -kezelésben jól érzékelhető a talajok ásványi-N mennyiségének összefüggése a nitrogén mobilizációs–immobilizációs folyamataival, a talajban végbemenő változásaival ($\text{NH}_4\text{-N}$ lekötődés, NH_3 -vesztés stb.).

A $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ és a ^{15}N -jelzett babszár jelentős mértékben növelték a talajok ásványi-N-tartalmát. A mintavételek átlagában a talajok összes ásványi-N mennyiségének 70–69 %-a (207–239 mg N) a jelzett ammónium-nitrátból, míg közel a fele (48–44 %-a, 56–64 mg N) a ^{15}N -jelzett szerves anyagból származott (3. táblázat).

3. táblázat
A ^{15}N -jelzett anyagból származó N-mennyiség (LATKOVICSNÉ, 1981)

Kezelés	A mintavétel ideje, nap						Átlag	SzD _{5%}
	5.	12.	20.	35.	68.	88.		
Szoloncsák talaj								
	N, mg/kg talaj							
¹⁵ NH ₄ ¹⁵ NO ₃	219	214	224	206	196	184	207	10
¹⁵ N szerves anyag	46	51	69	52	60	55	56	
¹⁵ N szerves anyag+NH ₄ NO ₃	81	74	79	66	76	60	73	
Átlag	115	113	124	108	111	100	112	
SzD _{5%}			7				17	
	Az összes ásványi-N %-ában							
¹⁵ NH ₄ ¹⁵ NO ₃	71	71	75	68	68	68	70	3
¹⁵ N szerves anyag	51	46	55	38	50	50	48	
¹⁵ N szerves anyag+NH ₄ NO ₃	29	28	33	25	32	26	29	
Átlag	50	49	54	44	50	48	49	
SzD _{5%}			3				6	
	Az adott nitrogén %-ában							
¹⁵ NH ₄ ¹⁵ NO ₃	70	69	72	66	63	59	66	7
¹⁵ N szerves anyag	37	41	56	42	49	45	45	
¹⁵ N szerves anyag+NH ₄ NO ₃	66	60	65	54	62	49	59	
Átlag	57	56	64	54	58	51	56	
SzD _{5%}			5					
Gyengén szologyosodott sztyeppesedő réti szolonyec talaj								
	N, mg/kg talaj							
¹⁵ NH ₄ ¹⁵ NO ₃	256	237	247	227	241	228	239	13
¹⁵ N szerves anyag	68	50	62	45	72	86	64	
¹⁵ N szerves anyag+NH ₄ NO ₃	156	82	101	79	88	86	99	
Átlag	160	123	137	117	134	133	134	
SzD _{5%}			10				23	
	Az összes ásványi-N %-ában							
¹⁵ NH ₄ ¹⁵ NO ₃	81	72	73	64	63	64	69	4
¹⁵ N szerves anyag	59	40	45	31	43	48	44	
¹⁵ N szerves anyag+NH ₄ NO ₃	38	27	31	23	26	29	29	
Átlag	60	46	50	39	44	47	47	
SzD _{5%}			5				9	
	Az adott nitrogén %-ában							
¹⁵ NH ₄ ¹⁵ NO ₃	82	76	79	73	77	73	77	10
¹⁵ N szerves anyag	50	37	45	33	53	63	47	
¹⁵ N szerves anyag+NH ₄ NO ₃	115	60	74	53	65	63	73	
Átlag	82	58	66	54	65	67	65	
SzD _{5%}			7					

A ^{15}N szerves anyag + NH_4NO_3 kezelésben az ásványi-N formában meghatározott N-nek, a mintavételek átlagában, 29 %-a (73–99 mg N) származott a ^{15}N -jelzett szerves anyagból; valamennyi esetben felülmúlta a ^{15}N szerves anyag kezelésben kapott értékeket. Ezek az adatok igazolják, hogy szikeseken is (más talajokhoz hasonlóan) a szerves anyaggal együtt adott N-műtrágya kedvezően befolyásolja a szerves anyag lebontását.

A közel 3 hónapos érlelés után – a mintavételek átlagában – az $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ 66–77 %-a, ^{15}N -jelzett szerves anyag kezelésben 45–47, ill. 59–73 %-a maradt ásványi-N formában. A kedvezőbb tulajdonságú gyengén szologyosodott sztyeppesedő réti szolonyec talajba adott N-jének nagyobb részaránya maradt ásványi-N formában.

A kísérlet befejezésekor a talajban meghatározott kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége és összes-N-tartalma alapján számszerűen becsülhető az $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ és a ^{15}N -jelzett szerves anyag N-jének az érlelés során megkötődött N-mennyisége ill. N-vesztesége. A két szikes talaj összes-N és kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége jelentősen eltér (4. táblázat), eltérő termékenységükkel összefüggően. A kezelések hatása kimutatható a talajok kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyiségének változásában.

4. táblázat

A ^{15}N -jelzett anyagból származó kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ és az összes-N mennyisége
(LATKOVICSNÉ, 1981)

Kezelés	Kötött NH ₄ -N				Összes-N			
	mg/kg talaj	jelzett anyagból		adott N %-ában	mg/kg talaj	jelzett anyagból		adott N %-ában
		%	mg			%	mg	
Szoloncsák talaj								
Kontroll	103	-	-	-	644	-	-	-
¹⁵ NH ₄ ¹⁵ NO ₃	113	9,4	10,7	3,4	864	27,1	234,5	75,6
¹⁵ N szerves anyag	115	6,4	7,3	5,9	771	15,5	127,2	103,9
¹⁵ N szerves anyag +NH ₄ NO ₃	119	1,0	1,1	0,9	881	8,6	75,8	61,9
SzD _{5%}			1,2				42,0	
Gyengén szologyosodott sztyeppesedő réti szolonyec								
Kontroll	248	-	-	-	2524	-	-	-
¹⁵ NH ₄ ¹⁵ NO ₃	273	6,2	17,0	5,4	2864	9,6	275,7	88,9
¹⁵ N szerves anyag	269	1,9	5,0	3,6	2715	4,7	126,4	92,9
¹⁵ N szerves anyag +NH ₄ NO ₃	277	0,9	2,5	1,8	2924	3,9	114,4	84,1
SzD _{5%}			3,6				20,6	

A legnagyobb mértékű növekedést a ^{15}N szerves anyag + NH_4NO_3 -kezelésben kaptuk, amikor is mindkét talajon a kontrollhoz viszonyított kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyiség több mint 11 %-kal nőtt, elsősorban az ammónium-nitrát N-je kötődött meg. Az izotóp-indikáció alapján számított értékek szerint – kezelésektől függően – az adott ^{15}N mennyiségek 3,4–5,9 %-a kötődött meg. A ^{15}N szerves anyag + NH_4NO_3 -kezelés adatai világosan mutatják, hogy a N-műtrágyázás csökkenti a szerves anyagból származó N megkötődését.

A kezelések hatása a talajok összes-N-tartalmára jól megfigyelhető. Mindkét talajon N-veszteség mutatható ki. A legnagyobb N-veszteséget a $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ -kezelésben mértük. A ^{15}N -jelzett szerves anyag nitrogénjének vesztesége lényegében elhanyagolható, az ammónium-nitrát hatására növekedett, amely összefügg a mikrobiológiai folyamatok aktivitásával, az élénkebb mineralizációval.

Szoloncsák talajon a N-vegyületekből származó N-veszteség felülmúlja a gyengén szologyosodott sztyeppesedő réti szolonyecen kapott értékeket. Ezek az eredmények is igazolják a szoloncsák talajok N-tápanyag-gazdálkodásával kapcsolatos korábbi megállapításokat.

Tenyészedény-kísérletek

Az érleléses modellkísérletek eredményei rámutattak, hogy a szikesek eltérő jellegzetes tulajdonságai nagymértékben befolyásolták a talajban lévő, ill. az adott N-vegyületek átalakulását, a N-tápelem felvehetőségét, a N-veszteséget stb.

A növények N-ellátásának fontos szerepe van a szikes talajokon folytatott növénytermesztésben, emellett kedvezően hat a szikes talajokban lejátszódó biológiai folyamatokra, a mikroszervezetek életműködéséhez szükséges nitrogént szolgáltatva.

Ismerve a szikes talajok N-ellátottságával összefüggő kedvezőtlen tulajdonságait, fontosnak tartottuk tanulmányozni a fiatal csíranövények N-felvételét. A tenyészedény-kísérletek adatai ^{15}N -jelzett vegyületekből felvett N-mennyiségekről, háromhetes őszi búza, ill. négyhetes kukoricanövények trágya-N felvételéről és a N-műtrágyák hasznosulásáról adnak értékes információt.

A kísérlethez karbonátos szoloncsákos szolonyec talajt (B) ($\text{pH} = 8,0$, CaCO_3 -tartalom 12 %, humusz 2,8 %), ill. szologyosodott szolonyec talajt (A) ($\text{pH} = 5,6$, humusz = 4 %) használtunk. N-forrásként ^{15}N -jelzett $\text{Ca}(^{15}\text{NO}_3)_2$, $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ és pétisót adtunk a talajhoz.

A két jellegzetes szikes talajon a fiatal *búzanövények* tápelemfelvételében jelentős különbség alakult ki. A növények által kivont N-, P_2O_5 -, K_2O -, ill. CaO-mennyiség a szologyos szolonyec talajon jóval meghaladta a szoloncsákos szolonyec talajon kapott értékeket. A talajban lévő oldható sók mennyisége és összetétele nagymértékben gátolták a növény fejlődését és tápelemfelvételét.

A termékenyebb, kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkező szologyos szolonyec talajon a ^{15}N -jelzett trágyákból (kalcium-nitrát, pétisó, ill. ammónium-nitrát) a N-vegyületek hatóanyaga 6,6, 16,5, ill. 14,1 %-ban hasznosult. N-forrástól függően 4,4, 10,9, ill. 9,3 mg N-t vettek fel a növények. A szoloncsákos szolonyec talajon a fiatal növények az adott ^{15}N -műtrágyák N-jének csak 1,3, 2,9, ill. 2,6 %-át értékesítették és a kivont trágya-N mindössze 0,9, 1,9, ill. 1,7 mg volt. Ezek az eredmények meggyőzően igazolják, hogy a fiatal búzanövények – a mag tartaléktápanyagainak felhasználásával egy időben – a talajban rendelkezésre álló N-tápelemet is hasznosítják. A kalcium-nitrát N-jének hasznosulása mintegy fele az ammónium-nitrát kezelésben kapott értékeknek. Az adott viszonyok között feltehetően a növény fejlettsége, az asszimilációs folyamatok aktivitása nem állt összhangban a növény rendelkezésére álló NO_3 -mennyiséggel. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy kedvezőtlen tulajdonságú talajokon, elsősorban a növények fejlődésének kezdetén a N-ellátás biztosítása érdekében előnyösebb a NO_3 - és az NH_4 -N együttes alkalmazása.

A *kukoricanövény*rel végzett kísérletekben a két szikes talajon a N-hatás szintén talajtípustól és N-forrástól függően változott. A négyhetes kukoricanövény N-felvétele 27,1–48,6 mg N között változott (5. táblázat). Mindkét talajon a ^{15}N -jelzett ammónium-szulfát esetében kaptuk a legkisebb N-hozamot és a ^{15}N -vegyületből származó N-mennyiséget is (4,1 ill. 6,8 mg N). A többi N-forrás esetében a fiatal kukoricanövények 10,1–16,3 mg trágya-N-t vettek fel.

Az izotóphígítás módszerével számított N-hasznosulási értékek a kezelések többségénél hasonló tendenciát mutattak. A $^{15}(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ nitrogénje hasznosult a legkisebb mértékben (10,2–17,0 %-ban), a többi N-forrás N-jét a növények szignifikánsan jobban értékesítették (25,2–42,0 %). Ezek a viszonylag magas N-hasznosulási értékek arra hív-

5. táblázat

A kukorica N-felvétele és a N-vegyületek hatóanyagának hasznosulása szologyos szolonyec (A) és szoloncsákos szolonyec (B) talajjal beállított tenyészedény-kísérletben (LATKOVICSNÉ, 1974a,b)

Kezelés	Felvett N, mg/edény		Trágyából felvett, N/edény		N-hasznosulás, %	
	A	B	A	B	A	B
Kontroll	27,1	35,1	-	-	-	-
$^{15}\text{NH}_4\text{ }^{15}\text{NO}_3$	39,7	48,6	13,9	12,7	34,7	31,7
$^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$	38,8	42,2	16,8	10,1	42,0	25,2
$\text{Na } ^{15}\text{NO}_3$	37,8	45,9	11,2	11,7	28,0	29,2
$\text{K } ^{15}\text{NO}_3$	41,8	44,5	15,5	11,7	38,7	29,2
$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	33,2	35,6	6,8	4,1	17,0	10,2
$^{15}\text{NH}_4\text{OH}$	41,1	46,6	13,6	15,8	34,0	39,5
SzD _{5%}	6,3		3,7		9,1	

ják fel a figyelmet, hogy szikes talajokon is fontos szerepe van a fiatal kukoricánövény fejlődése szempontjából a növény N-ellátásnak.

A háromhetes kukoricánövény $\text{NH}_4\text{-N}$ - és $\text{NO}_3\text{-N}$ -felvételének tanulmányozására végzett kísérletről (LATKOVICSNÉ & VARGA, 1971) – a két szikes talajra vonatkozó adatok szerint – a növények N-kivonása ^{15}N -jelzett ammónium-nitrátból azonos volt: 14,5 $\text{NH}_4\text{-N}$ és 14,4 $\text{NO}_3\text{-N}$ a szoloncsákos szolonyec, ill. 15,8 $\text{NH}_4\text{-N}$ és 16,0 $\text{NO}_3\text{-N}$ a szolonyec talaj esetében. A két szikes talaj között sem mutatkozott szignifikáns eltérés. Ugyanakkor az ammónium-nitrát $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ -jéből mindkét talajon többet vettek fel a növények, mint a $^{15}\text{NO}_3\text{-N}$ -ből. A növények által kivont N-nek talajtól függően 7,6 (szoloncsákos szolonyec) ill. 10,4 %-a (szolonyec) származott az $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ -ből, míg a $^{15}\text{NO}_3\text{-N}$ -nek csak 4,8 ill. 6,8 %-a.

A termékenyebb talajokon általában kedvezőbb a $\text{NO}_3\text{-N}$ felvétele, ill. közel azonos az $\text{NH}_4\text{-N}$ - és $\text{NO}_3\text{-N}$ hasznosulása.

Adataink a korábbi megállapításokat is igazolják miszerint a kedvezőtlen tulajdonsággal rendelkező talajokon a fiatal növények az $^{15}\text{NH}_4\text{-N}$ -felvételt előnyben részesítik a $^{15}\text{NO}_3\text{-N}$ -nel szemben.

A koncentrált N-műtrágyák hatásának tanulmányozása során a karbamid hatását vizsgáltuk tenyészedény-kísérletben (LATKOVICSNÉ & MÁTÉ, 1968). A karbamid-N hatására a fiatal kukoricánövényeké szárazanyaghozama mind a szoloncsákos szolonyec talajon (0,68 g/edény), mind a szolonyec talajon (1,08 g/edény) jelentősen nőtt. A növények által felvett összes-N mennyiség 37,5, ill. 45,6 %-a (8,1 ill. 18,8 mg N) származott a ^{15}N -jelzett karbamidból, míg homokon több mint 80 %-a (22,5 mg N). A korábbi eredményekhez hasonlóan igazolt, hogy a négyhetes kukoricánövények optimális viszonyok között szikes talajon is képesek az adott N-mennyiség jelentős részét (20,2, ill. 47,0 %-át) hasznosítani. Az eltérő mértékű hasznosulási értékek a két szikes talaj eltérő tulajdonságaival, a N-átalakulási folyamataival, ill. a növény N-felvételére kifejtett hatásával magyarázható.

A talajbank talajaival beállított, több osztállyal közösen végzett tenyészedény-kísérletünkben hazánk reprezentatív talajtípusát képviselő talajok tápelem-ellátottsága és a talajtulajdonságok közötti összefüggésekre kívántunk információkat szerezni.

A közös, angolperjével beállított tenyészedény-kísérletünk 1. kezelésében csak ^{15}N -jelzett $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ -ot adtunk, amely lehetőséget adott az ammónium-nitrát átalakulási folyamatainak nyomon követésére a talajban és a növények által történő hasznosulásának jellemzésére a talajok természetesen tápelem-ellátottsága mellett. A ^{15}N -jelzett műtrágyát vetéskor (~50 mg N/edény), a továbbiakban azonos adagban pedig hetente fejtrágyának oldatként adtuk. Az 5. vágásig összesen 738,33 mg ^{15}N /edény hatóanyag-nak megfelelő ^{15}N -jelzett $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ -ot alkalmaztunk. A tenyészidő alatt az angolperjét 21–23 naponként, összesen hatszor vágtuk. Öt vágás esetén a halmozott N-hatást mértük, míg a 6. vágásnál a korábban adott ^{15}N -vegyület utóhatását mértük.

A kísérletsorozatból a (1) mélyben szolonyeces csernozjom, Orosháza (pH(KCl) 7,1; CaCO_3 1,8 %; H 3,4 %); (2) réti szolonyec, Hajdúböszörmény (pH(KCl) 5,8; H 6,4 %) és (3) sztyeppesedő réti szolonyec, Karcag (pH(KCl) 4,8; H 3,9 %) talajjal végzett kísérletek eredményeit mutatom be. Az angolperje legnagyobb szárazanyaghozamát az első vágáskor kaptuk. A vágások számának növekedésével a szárazanyag-mennyiség folyamatosan csökkent. A legkisebb mennyiséget az 5. vágáskor mértük. Az utolsó, 6. vágású növények szárazanyaghozama viszont növekedett, ami azzal magyarázható, hogy az előzőkhöz viszonyítva két nappal később, a 23. napon került levágásra.

A legnagyobb szárazanyaghozamot és a növények által kivont N-mennyiséget (6. táblázat) a sztyeppesedő réti szolonyec talajon (3) értük el, azt követte a réti szolonyec (2), majd végül a mélyben szolonyeces csernozjom (1). Ezek átlagadatokat, csak bizonyos mértékig fejezik ki a talajtípusok termékenységét, természetes tápanyagszolgáltató képességét azonos N-ellátási szinten. Az egyes talajtípusokon belül megfigyelhető különbségek feltételezhetően szoros összefüggésben vannak a talajtípusokat jellemző jellegzetes talajtulajdonságok eltérő mértékével. A ^{15}N -jelzett N-trágyából származó N-mennyiségek az összes felvett N %-ában vágásonként változtak. Az első vágás idején ez az érték 63–64 %, vagyis a három szikes talajon közel azonos értéket kaptunk. A vágások számának növekedésével a N-trágyából származó N részaránya a folyamatos ^{15}N -ellátás hatására nőtt, az ötödik vágás idejére elérte a 93–97 %-ot. A hatodik vágáskor a

6. táblázat

Az angolperje szárazanyaghozama és a felvett N mennyisége mélyben szolonyeces csernozjom (1), réti szolonyec (2) és sztyeppesedő réti szolonyec (3) talajjal beállított tenyészedény-kísérletben

Talaj jelzése	Szárazanyaghozam, g/edény			Kivont N-mennyiség, mg N/edény		
	Föld feletti	Gyökér	Összesen	Föld feletti	Gyökér	Összes
1.	6,6	1,3	7,9	247	22	269
2.	7,3	1,0	8,3	295	15	310
3.	8,8	1,5	10,3	321	20	341

Talaj jelzése	¹⁵ N trágyából származó N-mennyiség					Hasznosulás %
	% -ban		mg ¹⁵ N/edény			
	Föld feletti	Gyökér	Föld feletti	Gyökér	Összes	
1.	82	64	197	14	211	29
2.	84	71	240	11	251	34
3.	84	64	260	13	273	37

trágyából származó részarány természetesen csökkent, mivel csak N-utóhatást mértünk. A hat vágás átlagában jelentős eltérés a három talajon nem mutatkozott, a különböző szolonyec talajokon az angolperje összes N-hozamának jelentős része (82–84 %-a) származott ^{15}N -jelzett ammónium-nitrátból.

A ^{15}N -jelzett trágyából a növények első vágáskor, a talajtól függően 40–57 mg N-t vettek fel. A 3. vágásig nőtt, ill. nem változott, majd azt követően csökkent a felvett trágya-N mennyisége. Az utolsó (6.) vágás idején a ^{15}N -jelzett trágyából származó N-mennyiség 25–28 mg N/edény volt. Feltételezhető, hogy a folyamatos N-ellátás mellett a nitrogén beépüléséhez szükséges optimális feltételek közül többek között a harmonikus tápelemellátás (K és P stb.) gátló tényezőként hathatott.

A három szikes talajon a növények a tenyészidő alatt összesen 197–260 mg N-t vettek fel a trágyából. A gyökerekben lévő trágya-N közel azonos értéket mutat (11–14 mg N/edény). A növény föld feletti részében és a gyökérben kimutatott ^{15}N -mennyiség 211–273 mg/edény. Amennyiben a kapott értéket a tenyészidő alatt adott összes ^{15}N -mennyiséghez viszonyítjuk, 29, 34 ill. 37 % hasznosulási értéket kapunk. A ^{15}N -jelzett trágyának a vártnál alacsonyabb hasznosulási értékei arra utalnak, hogy az adott tenyésztedény-kísérletben az optimális vízellátás mellett a szikes talajok kedvezőtlen tulajdonságai, ill. az egyes tápelemek hiánya korlátozhatta a K-tápelem hasznosulását. Ezek az eredmények a harmonikus tápelem-ellátottság jelentőségére hívják fel a figyelmet.

A talajok N-ellátottságára utaló adatok (7. táblázat) alapján a mélyben szolonyeces csernozjom és a sztyeppesedő réti szolonyec talaj összes-N-tartalma a humuszmennyiségnek megfelelően közel azonos (2305 ill. 2366 mg N/kg talaj), viszont a 6,4 % humusztartalmú réti szolonyec összes-N-tartalma 3528 mg N/kg talaj. A légszáraz talajminták ásványi $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége 14–24,1 mg N/kg talaj, az összes-N-mennyiség 0,6–1%-a.

A talajok kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége összefüggést mutat a leiszapolható részek %-os arányával, az ammóniumion megkötése azokon a talajokon jelentős, amelyeknél a leiszapolható részek aránya a legnagyobb (pl. sztyeppesedő réti szolonyec 295,9 mg $\text{NH}_4\text{-N}$). Természetesen az agyagfrakciók mennyiségén túlmenően azok minősége, összetétele és az egyéb talajtulajdonságok is jelentősen befolyásolják az $\text{NH}_4\text{-ion}$ megkötését. A három vizsgált szikes talaj kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége a talajok összes N-mennyiségének 5,8–12,5 %-a.

7. táblázat

A mélyben szolonyeces csernozjom (1), réti szolonyec (2) és sztyeppesedő réti szolonyec (3) talajok N-ellátottsága tenyésztedény-kísérletben

Talaj	Összes N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N+ NO ₃ -N	Ásványi-N az összes N %-ában	Kötött NH ₄ -N	
						mg N/kg talaj	az összes-N %-ában
	mg N/kg talaj						
A kísérlet beállításakor							
1	2305	7,7	6,3	14,0	0,6	167,3	7,3
2	3528	9,0	12,0	21,0	0,6	203,3	5,8
3	2366	9,7	14,4	24,1	1,0	295,9	12,5
A kísérlet befejezése után (1978. jún. 15–nov. 1., 138 nap, 6. vágás)							
1	3086	5,6	478,6	484,2	15,7	179	5,8
2	3657	51,8	357,1	408,9	11,2	243	6,6
3	2266	104,7	221,4	326,1	14,4	356	15,7

A kísérlet befejezése utáni talajvizsgálatok igazolják, hogy eltérő a talajban maradt trágya-N mennyisége és szoros összefüggést mutat a növények N-felvételével (7. táblázat). A folyamatosan adott N-tápelem hatására jelentősen nőtt a talajok ásványi-N-tartalma. Míg a 7,4 pH(KCl)-értékű mélyben szolonyeces csernozjom talajon az ásványi N-mennyiség jelentős részét a $\text{NO}_3\text{-N}$ adta (478,6 mg $\text{NO}_3\text{-N/kg}$ talaj), a réti szolonyec talajon (pH(KCl) 5,8) a $\text{NO}_3\text{-N}$ kisebb növekedésével egy időben nőtt az $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége is. Ez a folyamat még kifejezettebb a sztyeppesedő réti szolonyec talajjal (pH(KCl) 4,8) beállított kísérletben, ahol a 221,4 $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalom mellett a talaj $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége elérte a 104,7 mg-ot. A N-trágyázás hatására a talajok ásványi-N-tartalma elérte az összes-N-tartalmuk 11,2–15,7 %-át.

A talajok kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ mennyisége a talajtípustól függően eltérő mértékben növekedett. Az összes N-mennyiségéhez viszonyított értéke a mélyben szolonyeces csernozjom talajon csökkent, míg a két másik talajon a leiszapolható részek %-os arányával és egyéb talajtulajdonságokkal összefüggően eltérő mértékben növekedett.

A $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ felhasználása lehetőséget adott olyan számítások elvégzésére is, amelyek alapján becsülhető a folyamatosan, hosszabb időn át adott N-műtrágya hasznosulása, N-hatóanyagának vesztesége stb. Az összesített adatok alapján megállapítható, hogy az adott viszonyok között az összes felhasznált műtrágya jelentős részét visszakaptuk. Az előzőekben már megállapítást nyert, hogy a növények által kivont N-mennyiség a talajba adott összes-N-mennyiség 29–37 %-a, a mélyben szolonyeces csernozjom, réti szolonyec és sztyeppesedő réti szolonyec talajok esetében 211, 251, ill. 273 mg N/edény. A talajban maradt trágya-N-mennyiség (504, 301 ill. 308 mg) az összes adott N-mennyiség 68, 41 ill. 42 %-a. Az edényenként összesen meghatározott trágya- ^{15}N 715, 552 ill. 581 mg N, a felhasznált összes N-mennyiség 97, 75 ill. 79 %-a.

Az adott viszonyok között, a több hónapig tartó kísérletben, a folyamatosan adagolt, végső soron nem kis mennyiségben kijuttatott N-ből a veszteség nem jelentős, talajtípustól függően 3–25 %. A legkisebb N-veszteséget a kedvezőbb tulajdonságot képviselő mélyben szolonyeces csernozjom talajon mértük, míg az alacsony pH-jú, rossz vízgazdálkodással rendelkező réti szolonyec, ill. sztyeppesedő réti szolonyec talajon a N-veszteség elérte a 21–25 %-ot. Ez a gázalakú N-veszteséggel, feltehetően a denitrifikációs folyamatok részére kialakult kedvező feltételekkel is magyarázható.

Mikroparcellás kísérlet

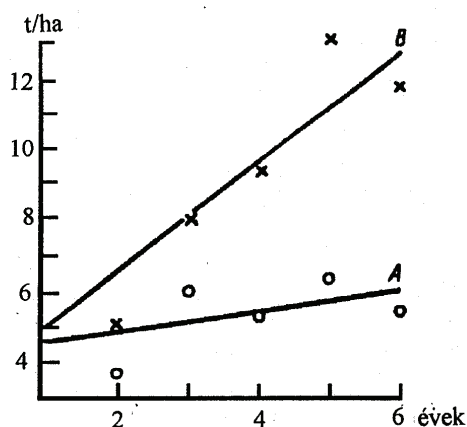
Szologyosodott réti szolonyec talajon (pH(KCl) 5,5, humusz 4 %) (Palotás) beállított mikroparcellás gyepkísérletben a kora tavaszi N-fejtrágyázás hatását vizsgáltuk ^{15}N -jelzett műtrágyák ($^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$, $\text{Ca}(^{15}\text{NO}_3)_2$ és $\text{CO}(^{15}\text{NH}_2)_2$) felhasználásával (LATKOVICS, 1974).

Első kaszáláskor a széna N-tartalmának 34, 39 ill. 32 %-a származott a fenti ^{15}N -műtrágyákból. Ez a részarány a 2. (14, 16 ill. 14 %) ill. 3. (9, 12, 9 %) kaszálású széna N-felvételében csökkent. A 100 kg N/ha hatóanyagának megfelelő N-műtrágyák – a három kaszálás együttes eredményei alapján közel azonos mértékben – 28, 27 ill. 31 %-ban hasznosultak: 17, 17, 19 % az 1. kaszáláskor; 9, 8, 9 % a 2. kaszáláskor; 2, 2, 3 % a 3. kaszáláskor.

Szabadföldi kisparcellás kísérlet

Az öntözés és a kalcium-nitrát növekvő N-adagjának hatását szologyosodott szolonyec talajon lévő ősgyepen beállított kísérletben vizsgáltuk (LATKOVICS, 1974). Az évente kiszórt 54, 103, ill. 162 kg N/ha hatóanyagának megfelelő kalcium-nitrát minden évben jelentős szénaterméstöbbletet eredményezett öntözött és öntöztelen viszonyok között egyaránt.

Az öntözés hatása a kezelések átlagában kerül bemutatásra az 1. ábrán. A kezelésekenként és évenként kapott eredmények az adott körülmények között az öntözés pozitív hatására utalnak. Az öntözés hatására részben az értékesebb elsőrendű fűvek borítási



1. ábra

Az öntözés hatása az ősgyep szénatermésére, t/ha (86 % sz.a.) (Szologyosodott szolonyec talaj, Palotás) (LATKOVICS, 1974) a) öntözés nélkül; b) öntözött

százalékának növekedésével (BODROGKÖZY, 1964) ill. pillangósok előtérbe kerülésével, részben a talaj természetes tápelemtartalékainak mobilizálásával, ill. a növényzet optimális vízellátásának biztosításával a környezetvédelmi szempontok figyelembevételével jelentősen növelhető.

Az öntözés hatására jelentősen nőtt a széna tápelemhozama. A gyepnövényzet jobb Ca-ellátásában a kalcium-nitrát pozitív hatása mutatkozott meg. Az öntözés elsősorban a gyepnövényzet N- és Ca-hozamát növelte jelentősen, biztosítva a szénatermés kiváló minőségét.

Ugyancsak az ősgyepen beállított szabadföldi kísérletben öntözés mellett vizsgáltuk a növekvő adagban alkalmazott kalcium-nitrát és 150 q/ha mészkőpor hatását, ill. utóhatását (LATKOVICSNÉ et al., 1972). Az első évben a N- és P-műtrágyákat és a mészkőport ősszel szórtuk ki, kivéve az 5. kezelést, ahol a N-műtrágyát megosztva (fele ősszel, fele tavasszal) alkalmaztuk. A további években a mészkőpor utóhatását értékeltük. A P- és N-műtrágyákat évenként újból kiszórtuk, mégpedig a foszfort teljes egészében, a nitrogén felét ősszel, másik felét tavasszal. A tenyészidő folyamán évente két-három kaszálást végeztünk, a gyepnövényzet fejlődésétől függően.

A N-hatás a fűnövényzet fejlődésében erősen megmutatkozott. A növényzet intenzív fejlődésével egy időben kedvezően változott a növénytársulás. A kalcium-nitrát, ill. ki-

sebb mértékben a meszezés hatására növekedett az elsőrendű fűvek (réti ecsetpázsit, réti perje, angol perje stb.) részaránya.

A kontroll- és a kisebb N-adagoknál (50–100 kg N/ha) az utolsó években az öntözés hatására a pillangósok erősen előtérbe kerültek. Az eredmények alapján (8. táblázat) a meszezés hatása 5 %-os szinten nem szignifikáns, bár a kezelések átlagában kapott méshatás megközelíti a szignifikancia határát.

8. táblázat

A kalcium-nitrát hatása az ősgyep szénatermésére (t/ha)
(86 % szárazanyag, 6 év össz-termése) (szologyesodott szolonyec, Palotás)
(LATKOVICSNÉ et al., 1972)

Kezelés	A		B		B–A	SzD _{5%}
	Mész nélkül	Többlet	150 q/ha mészkeőpor	Többlet		
Kontroll	34,0	-	37,6	-	+3,6	5,1
50 kg N/ha Ca(NO ₃) ₂	40,0	6,0	42,3	4,6	+2,2	
100 kg N/ha Ca(NO ₃) ₂	45,1	11,1	50,0	12,3	+4,8	
150 kg N/ha Ca(NO ₃) ₂	53,2	19,2	55,0	17,4	+1,7	
200 kg N/ha Ca(NO ₃) ₂	57,2	23,2	61,0	23,3	+3,7	
150 kg N/ha pítésó	51,2	17,2	56,0	18,4	+4,8	
150 kg N/ha Ca(NO ₃) ₂ + 60 kg P ₂ O ₅ /ha szuperfoszfát	56,5	22,5	59,4	21,8	+2,9	
150 kg N/ha pítésó + 60 kg P ₂ O ₅ /ha szuperfoszfát	56,7	22,6	61,2	23,6	+4,5	
SzD _{5%}	4		4		5,4	3,8
Átlag	49,2		52,8		3,5	
%	100		107,3		7,3	

A kalcium-nitrát hatása erősen szignifikáns, az N-adag növelése minden esetben további megbízható terméstöbbletet eredményezett. Hat év átlagában az 1 kg N hatására elért szénaterméstöbblet 19,2 kg volt. A 150 kg N/ha hatóanyagnak megfelelő kalcium-nitrát és pítésó hatásában a főparcelláktól függően különbség mutatható ki. A meszezetlen főparcellákon az egyes években és az évek átlagában is a kalcium-nitrát jobbnak bizonyult, bár a szignifikancia határát nem éri el. Az eredményeket a fenológiai megfigyelések és a cönológiai elemzések is igazolták.

A 60 kg P₂O₅/ha hatóanyagnak megfelelő szuperfoszfát – a N-műtrágyákkal együtt alkalmazva – egy esetet kivéve jelentős (3–5 t/ha) terméstöbbletet eredményezett. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy az adott talajon optimális N-hatás csak a gyepnövényzet egyidejű P-ellátásával biztosítható.

Az 1 q szénatermés tápanyagigénye – a tápanyaghozam alapján számolva – a kezelek átlagában: 1,71 kg N, 0,54 kg P₂O₅, 2,64 kg K₂O, ill. 0,66 kg CaO. A N-műtrágyázás hatására a gyepnövényzet fajlagos tápanyagfelvétele a kontrollhoz viszonyítva a tápanyagoktól függően eltérő mértékben csökkent.

A különböző N-források hatékonyságának összehasonlítására ugyancsak szologyesodott szolonyec talajon, öntözött viszonyok között beállított kísérlet 4 éves eredményei

alapján megállapítható, hogy a 150 q/ha, ill. 15 q/ha mészkőpor hatása nem szignifikáns, bár a 150 q/ha mészkőpor a kontrollhoz viszonyítva valamennyi esetben növelte a szénatermést. Az önmagában alkalmazott 60 kg P_2O_5 /ha adagnak megfelelő szuperfoszfát az egyes főparcellákon belül és a főparcellák átlagában is megközelíti, de nem éri el a szignifikancia határát. A 150 kg N/ha hatóanyagának megfelelő N-trágyák valamennyi esetben ~ 70 %-os terméstöbbletet biztosítottak. A korábbi kísérleti eredményeinkhez hasonlóan a kapott adatok azt igazolják, hogy az adott viszonyok között a felhasznált N-formák hatása azonosnak mondható (9. táblázat).

9. táblázat

**A különböző N-műtrágyák hatása az ősgyep szénatermésére (t/ha)
(86 % szárazanyag, 4 év össz-termése) (Szologysodott szolonyec, Palotás)
(LATKOVICSNÉ et al., 1972)**

Kezelés	A Kontroll	B 150 q/ha mészkő- por	C 15 q/ha mészkőpor első év	SzD _{5%}	Átlag	%
Kontroll	19,1	21,5	19,2	3,6	19,9	100
60 kg P_2O_5 /ha	22,5	25,2	22,6		23,5	117
60 kg P_2O_5 /ha + 150 kg N/ha kalcium-nitrát	34,3	35,7	32,0		34,0	170
60 kg P_2O_5 /ha + 150 kg N/ha pétisó	33,1	34,9	33,7		33,9	170
60 kg P_2O_5 /ha + 150 kg N/ha ammónium-nitrát	33,5	34,7	34,6		34,2	171
60 kg P_2O_5 /ha + 150 kg N/ha karbamid	32,0	32,4	32,5		32,3	162
SzD _{5%}		4,6			3,9	19
Átlag	29,1	30,7	29,1		29,6	148
%	100,0	105,6	100,1		101,9	

Összefoglaló értékelés

A szikes talajok esetében jól érzékelhetők az egyes talajtulajdonságok és a növények víz- és tápanyagellátása közötti összefüggések. Jól jellemezhetők a szikesek pH-értéke, sótartalma, szervesanyag-tartalma stb. és a talajban lévő, ill. a talajba adott N-tápelem transzformációja és hatékonysága közötti összefüggések.

A közlemény a szikesek két főtípusának – szoloncsák szolonyec, ill. szolonyec talajok különböző típusainak N-gazdálkodásával kapcsolatos kísérletek és vizsgálatok eredményeit foglalja össze. Más talajtípusokhoz hasonlóan a szikes talajok összes N-tartalma is szoros összefüggést mutat a talaj szervesanyag-tartalmával és a talajszelvényben történő elhelyezkedés mélységével. Az ásványi-N mennyiség (kicserélhető NH_4 -N és NO_3 -N) talajtípusonként változó, a mélyben karbonátos kérges réti szolonyec talajon a felső talajrétegben az összes-N-tartalomnak 0,65 %-a, míg a mélyben humuszos réteggű szolonyec réti talajon elérte az 1 %-ot. A NO_3 -N mozgékonyaságára utal a talajszelvényben a különböző szinteken eltérő mennyiségben megjelenő nitrát. A tavasszal és ősszel vett talajminták ásványi-N-tartalmában – NO_3 -N-mennyiségében – megmutat-

kozó különbségek a talajban végbemenő folyamatokra (ásványosodás, nitrifikáció, fel-felé irányuló vízmozgás stb.) utalnak.

Érleléses modellkísérlet-sorozatban szoloncsákos szolonyec talajon kapott eredmények a N-forrás megválasztásának jelentőségét igazolták. Kalcium-nitrát alkalmazása során gázalakú NH_3 -veszteség nem volt kimutatható, míg az ammónium-szulfát kezelésben a kísérlet befejezésekor a veszteség elérte az adott N-mennyiség több, mint felét. A magas pH és sókoncentráció gátolta a nitrifikáló baktériumok tevékenységét, ennek következtében a $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége elenyésző volt. Optimális nedvesség- és hőmérsékleti viszonyok között a karbamid hidrolízise gyorsan végbement és a transzformáció során keletkezett $\text{NH}_4\text{-N}$ -mennyiség csökkenésével arányosan nőtt a gázalakú NH_3 -veszteség, amely a kísérlet befejezésekor elérte az adott N-mennyiség 74,7 %-át. A $\text{NO}_3\text{-N}$ -tartalom a nitrifikációs folyamat gátlásával összefüggően mindvégig elenyésző volt.

A két jellegzetes szikes talajon – szoloncsák és gyengén szologyosodott sztyeppesedő réti szolonyec talaj – eltérő volt az ásványosodás mértéke, a nitrifikáció során képződött $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége, ill. az ammónium-nitrát transzformációja során képződött ásványi-N komponenseinek ($\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$) mennyisége és egymáshoz viszonyított aránya.

A korábbi eredményekhez hasonlóan szoloncsákos talajon kifejezetten megmutatkozott a nitrifikációt gátló tényezők hatása a $\text{NO}_3\text{-N}$ -képződésre ill. a NH_3 -veszteségre.

A ^{15}N -jelzett szerves anyag ásványosodásának üteme és mértéke, a mineralizáció során képződött $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége a két szikes talajon szintén eltérő volt. A gyengén szologyosodott sztyeppesedő réti szolonyec talaj a szoloncsákos talajnál kedvezőbb feltételeket biztosított a szerves anyag ásványosodásához és a képződött $\text{NH}_4\text{-N}$ nitrifikációjához.

A ^{15}N -jelzett szerves anyaggal együtt adott ammónium-nitrát kedvezően befolyásolta a szerves anyag lebontását. A talajok ásványi-N mennyiségének változása összefüggést mutatott a nitrogén mobilizációs–immobilizációs folyamataival, a talajban végbemenő változásaival ($\text{NH}_4\text{-N}$ lekötődés, NH_3 -veszteség stb.).

A szikes talajok N-ellátottságával, a N-tápelem dinamikájával szorosan összefügg a N-trágyázás hatékonysága. Karbonátos szoloncsákos szolonyec, ill. szologyosodott szolonyec talajjal beállított kísérletben a fiatal búza- és kukoricanövények a mag tartaléktápanyagainak felhasználásával egy időben a talajban rendelkezésre álló N-tápelemet is hasznosították a N-formáktól, talajtól, növényfajtól függően eltérő mértékben.

A „talajbank” talajaival beállított közös tenyészedény-kísérlet sorozatból kiemelt három szikes talajjal végzett kísérletünkben lehetőség adódott a ^{15}N -jelzett ammónium-nitrát átalakulási folyamatainak nyomon követésére a talajban és az angolperje által történő hasznosulásának jellemzésére a szikesek természetes tápelem-ellátottsága mellett.

A különböző szolonyec típusú talajokon az angolperje szárazanyaghozama és a kivont N-mennyiség a talajtípustól függően változott. A ^{15}N -trágyából származó N részarány a hat vágás átlagában lényegében azonos volt, az összes-N-mennyiség több mint 80 %-a származott az ammónium-nitrátból. A tenyészedő alatt (138 nap) az összes kijuttatott N-mennyiség 28,5–36,9 %-át hasznosították a növények. Ezek a vártnál alacsonyabb hasznosulási értékek arra utalnak, hogy az optimális vízellátás mellett a szikes talajok kedvezőtlen tulajdonságai ill. az egyes tápelemek hiánya, esetleg túlsúlya is befolyásolta a N-műtrágya hatékonyságát.

A szolonyec talajok N-ellátottságát jellemző adatok eltérőek – az összes-N, ásványi-N, kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ – és összefüggésben állnak a talajtípusok ismert tulajdonságait kifejező

paraméterekkel. A kísérlet befejezése utáni talajvizsgálat eredményei a talajban maradt trágya-N és a növény N-felvétele közötti szoros összefüggésre utal.

A N-trágyázás hatására nőtt a szikes talajok összes-N mennyisége. Ásványi-N-tartalmuk elérte összes-N-tartalmuk 11,2–15,7 %-át. Az $\text{NH}_4\text{-N}$ és $\text{NO}_3\text{-N}$ mennyisége, ill. a kötött $\text{NH}_4\text{-N}$ -tartalom a szikesek jellemző tulajdonságaival megegyezően változott.

A hónapokig tartó kísérletben a legkisebb (3 %) N-veszteséget a kedvezőbb tulajdonságokkal rendelkező mélyben szolonyeces csernozjom talajon mértük, míg az alacsony pH-jú, rossz vízgazdálkodású réti szolonyec, ill. sztyeppesedő réti szolonyec talajon a N-veszteség – feltehetően a denitrifikációs folyamatok hatására – elérte a 21–25 %-ot.

A szikes talajok ésszerű hasznosításának egyik leggazdaságosabb formája rét-legezőként történő használata. Megfelelő agrotechnika alkalmazásával kedvezőtlen víz- és tápelem-gazdálkodásuk bizonyos mértékig javítható. A több évtizedes kísérleti eredmények és gyakorlati tapasztalatok a klasszikus szikjavítás mellett az öntözés és trágyázás kedvező hatását is bizonyítják. Szologysodott szolonyec talajon lévő ősgyepen az öntözés hatására az értékesebb fűfajok, ill. pillangósok előtérbe kerülésével a talaj természetes tápelemtartalékainak mobilizálásával, ill. a növény optimális vízellátásának biztosításával a szikes területek produktivitása jelentősen növelhető.

Öntözés mellett a kalcium-nitrát, a különböző N-műtrágyák alkalmazása, ill. a kora tavaszi N-fejtrágyázás jelentős szénaterméstöbbletet eredményeztek. A meszezés hatása a kísérletben megközelítette a szignifikancia határát. Ugyanakkor bizonyított, hogy szikes legelőkön a N-hatás a gyepnövényzet egyidejű optimális P-ellátásával biztosítható.

Irodalom

- A szikes talajok hasznosításának és javításának módszerei. (Ankét, Szeged, 1965. május 28.), 1966. MTA IV. Oszt. Közlem. **25.** 1–180.
- ÁBRAHÁM L. & BOCSKAI J., 1971. Szikes talajaink hasznosítása és javítása. OMMI. Budapest.
- BLASKÓ L., 1999. A réti szolonyec talajok javításának tartamhatása. *Agrokémia és Talajtan.* **48.** 517–529.
- BODROGKÖZI GY., 1964. A besenyszögi szikhasznosítási és tápanyagadagolási kísérletek első évi eredményeinek synökológia értékelése. *Agrokémia és Talajtan.* **13.** 85–100.
- International Symposium on Sustainable Management of Salt Affected Soils in the Arid Ecosystem (Cairo, Egypt, 22–26 Sept, 1977). Abstracts Volume. ISSS–University of Ain Shams, Cairo.
- LATKOVICS, I., 1965. Vlijanie azotoszoderzsascsih vscsesztv na effektivnosztv melioracii szoloncov vengerszkoj nizmennosztv. *Agrokémia és Talajtan.* **14.** (Suppl.) 341–344.
- LATKOVICS GY-NÉ, 1966. Kalcium- és nitrogéntartalmú javítóanyagok kisadagú alkalmazása öntözött szikes gyepen. III. A kísérletek második évi eredményei. *Agrokémia és Talajtan.* **15.** 51–60.
- LATKOVICS, I., 1974a. Vlijanie orosenija i azota na uroszaj szena na oszologyelom szolonce. Trudi X. Mezsdunarodnogo Kongressza pocsvovedov. IV. 121–129. Izdatelsztvo Nauka.
- LATKOVICS GY-NÉ, 1974b. Nitrogénműtrágyák hatásának vizsgálata ^{15}N indikációval szikes talajon. *Agrokémia és Talajtan.* **23.** 11–20.
- LATKOVICS, I., 1977. Modern methods of application of fertilizers with particular regard to salinity and alkalinity conditions. Proc. Indo–Hungarian Seminar on Management of Salt Affected Soils, Febr 7–12, 1977. 194–201. Central Soil Salinity Research Institute. Karnal.
- LATKOVICS GY-NÉ, 1980. Az intenzív műtrágyázás hatása a talaj termékenységre. Ankét, 1979. okt. 29. MTA TAKI. Budapest. 37–71.

- LATKOVICS GY-NÉ, 1981. A nitrogénműtrágya transzformációjának és a szerves N mineralizációjának tanulmányozása ^{15}N stabil izotópjelzéssel. III. A N-formák átalakulása két szikes talajon. *Agrokémia és Talajtan*. **30**. 273–290.
- LATKOVICS GY-NÉ, 1982. A nitrogén átalakulása és mozgása a talajban. Doktori disszertáció.
- LATKOVICS GY-NÉ, 1991. X. Műtrágyázási Világkongresszus, Nicosia, Cyprus, 1990. október 21–27. *Agrokémia és Talajtan*. **40**. 339–350.
- LATKOVICS, I. & MÁTÉ, F., 1968. Investigations Izucsenie pri pomosci izotopa N-15 effektivnoszti mocsevini kak udobrenija. *Zeszyty Problemowe Postepos Nauk Rolniczych Zeszyt*. **34**. 373–380.
- LATKOVICS GY-NÉ & SZABOLCS I., 1980. A Nemzetközi Műtrágyázási Központ (CIEC) és a Garyounia Egyetem Szimpóziuma, Benghazi, 1979. november 26–december 1. *Agrokémia és Talajtan*. **29**. 353–360.
- LATKOVICS GY-NÉ & VARGA GY., 1971. A fiatal kukoricanövények ammónium- és nitrát-nitrogén felvételének vizsgálata ^{15}N indikációval. *Agrokémia és Talajtan*. **20**. 559–565.
- LATKOVICS GY-NÉ, MÁTÉ F. & SARKADI J., 1972. A kalcium-nitrát műtrágya. *Agrokémia és Talajtan Kiskönyvtára*. 3. Budapest.
- MÁTÉ, F. & LATKOVICS, I., 1963. Rezultati primenenija szposzoba mecsenih atomov pri izucsenii metoda iszpolszovanija azotnih udobrenij rasztenijami. *Zeszyty Problemowe Postepos. Nauk Rolniczych Zeszyt*. **34**. 213–224.
- MENGEL, K., 1976. A növények táplálkozása és anyagcseréje. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- NÉMETH T., 1996. Talajaink szervesanyag-tartalma és nitrogénforgalma. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete. Budapest.
- SARKADI J., LATKOVICS GY-NÉ & MÁTÉ F., 1969. A karbamid mint műtrágya. *Agrokémia és Talajtan Kiskönyvtára*. 1. Budapest.
- STEFANOVITS P., 1981. *Talajtan*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZABOLCS I., 1954. *A Hortobágy talajai*. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZABOLCS, I., 1974. Salt Affected Soils in Europe. Martinus-Nijhoff –The Hague and Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest.
- SZABOLCS, I. & LATKOVICS, I., 1967. The effect of various nitrogen fertilizers on the mineral nutrition of winter wheat studied on two different types of salt affected soils. In: Proc. Symp. III. Isotopes in Plant Nutrition and Physiology, Vienna, 5–9 Sept, 1966. 3–11. IAEA/FAO. Vienna.
- VÁRALLYAY GY., 1999. Szikesedési folyamatok a Kárpát-medencében. *Agrokémia és Talajtan*. **48**. 399–418.

Érkezett: 2000. december 6.

LATKOVICS GYÖRGYNÉ